自然情境下舌尖效应的认知年老化——日记研究*

赵瑞瑛 娄 昊 欧阳明昆 张清芳

(中国人民大学心理学系, 北京 100872)

摘 要 舌尖效应是一种话到嘴边却说不出来的单词提取失败现象(Tip-of-the-Tongue, TOT)。本研究通过 TOT 回溯问卷和日记记录方法对青年人和老年人进行了为期 28 天的追踪，考察了自然情境下舌尖效应认知年老化的发生特点及机制。结果表明:(1)自然情境下 TOT 存在认知老化现象，老年人 TOT 发生频率比青年人更高；(2)TOT 发生时，个体存在替代词和语义相关信息的提取，且青年人比老年人产生了更强烈的兴奋感和疲惫感的元认知体验；(3)TOT 发生后目标词几乎都能获得提取，老年人 TOT 的解决时间比青年人长，但其解决率无年龄差异。TOT 的解决时间受目标词熟悉性、是否存在替代词和个体主观体验的认知和元认知因素影响。(4)对 TOT 认知状态和元认知状态的记录会影响后续发生 TOT 的状态，且延长其解决时间，表明被试付出了更多努力和时间解决 TOT。TOT 的认知状态和元认知状态的因素都对 TOT 的解决时间产生了影响。

关键词 TOT;日记研究;年老化;认知视角;元认知视角

1 前言

生活中我们常会出现话在嘴边，想说又不能立刻说出来的现象，这种现象被称为舌尖效应(Tip-of-the-Tongue, TOT) (Brown & McNeill, 1966; Burke, Mackay, Worthley, & Wade, 1991)。TOT 是口语产生过程中所出现的一种单词提取失败的现象，儿童和成人都会产生这种现象(Hanly & Vandenberg, 2010)，特别是老年人，TOT 几乎每天都会发生(Brown，2012)，这表明口语产生过程存在认知年老化现象。TOT 发生时个体的言语表达过程变得不流畅，伴随产生言语停顿、言语提取错误等问题，妨碍了个体的社会交流，并间接损害了个体的身心健康(Trull & Phares, 2001)。然而对于该现象发生机制的研究，尤其是自然情境下 TOT 产生原因的研究目前尚且缺乏。探究这一现象，不仅能够考察言语产生过程的认知机制，而且对于预防、延缓、甚至改善言语认知老化具有积极的指导作用。

---

* 收稿日期: 2018-05-25

国家自然科学基金面上项目(31471074)，北京市社会科学基金重点项目(16YYA006)，中国人民大学科学研究基金项目(中央高校基本科研业务费专项) (18XNLG28)项目资助。

通信作者: 张清芳, E-mail: qingfang.zhang@ruc.edu.cn

1.1 TOT 认知年老化的研究视角和影响因素

研究发现 TOT 发生时人们一般可以提取目标词的语义信息(Fieder, Nickels, & Biedermann, 2014)，而不能或只能部分提取音韵信息(Cleary, Konkel, Nomi, & McCabe, 2010)。例如，个体在产生某个熟悉人名时产生 TOT，往往可以提取出该人名的性别、职业、兴趣爱好等语义信息，但不能立即说出或者不能全部说出姓名。第二，TOT 发生时通常伴随有意识的元认知体验，包括紧张、焦虑、兴奋等情绪，及目标词即将出现的逼迫感，并且这些元认知体验可以有效地预测随后目标词的成功提取(Schwartz, 2002)。在 TOT 发生一段时间后，人们通常能成功地提取目标词，成功率高达 95%(Burke et al., 1991)。可以看出，TOT 发生时人们的言语产生过程出现困难，同时伴随有强烈的元认知体验。研究者对此现象从认知和元认知两种视角进行解释。

从认知视角而言，TOT 反映了言语产生中信息提取的失败，而老化会进一步提高失败的可能性，通常以传输缺陷假说和阻塞假说进行解释。具体而言，传输缺陷假说(Burke et al., 1991)认为，老化会减弱目标词语义和音韵节点之间的联结，语义节点的激活不能有效地传输至音韵节点，从而导致目标词音韵信息提取的失败。阻塞假说(Jones, 1989)认为，与目标词存在语义或音韵关联的非目标词的激活提取会暂时阻塞目标词的提取，从而导致 TOT，根源在于老年人对非目标词的抑制能力衰退(Hasher & Zacks, 1988; Stoltzfus, Hasher, & Zacks, 1996)。上述理论虽然可以对 TOT 的认知老化进行部分解释，例如，两个理论均解释了 TOT 产生时能够提取部分信息，特别是语义信息。但是不能解释 TOT 发生时个体伴随产生的有意识的元认知体验，及 TOT 发生后目标词较高提取成功率的结果。这两种理论忽视了自我监测机制(Self-monitoring) (Levelt, Roelofs, & Meyer, 1999)在言语产生过程中所起的作用。认知视角下的研究发现，影响 TOT 的因素主要与目标词的语言学属性和个体特征变量有关，例如，研究发现专有名词(如人名)的词汇提取与其它名词相比更容易产生 TOT(Cohen & Faulkner, 2011)，与目标词相关联的音韵启动词可以有效降低 TOT 发生并促进 TOT 的解决(Abrams & Rodriguez, 2005; Farrell & Abrams, 2011; Pureza, Soares, & Comesaña, 2013)，名词、低频词(Hanly & Vandenberg, 2010)更容易产生 TOT，目标词的音节频率(Farrell & Abrams, 2011)及音韵家族密度(Sadat, Martin, Costa, & Alario, 2014)也可以显著影响 TOT 的发生，老年人抑制能力的下降导致产生了更多的 TOT(彭华茂, 毛晓飞, 2018)。

元认知视角下的研究则关注的是 TOT 发生时个体的体验和状态，强调体验对言语产生过程的积极作用。根据 TOT 的元认知理论，言语产生时元认知系统会对个体所感知的各种线索进行目标词的可提取性(retrievablity)的启发式推理判断(Schwartz & Metcalfe, 2011)，即

对记忆系统中目标词的可提取性进行监测。TOT 的发生反映了目标词处于记忆系统，但是暂时不能提取的一种状态。TOT 作为一种元认知监测判断，会影响元认知的控制系统，控制系统会根据监测结果对言语产生的具体认知过程进行调节，从而实现 TOT 发生后目标词的成功提取。事实上，不管是老年人还是青年人，TOT 发生后，目标词几乎均可以成功地提取，老年人甚至比青年人的成功提取率略高(Schwartz, 2002)，这反映出老年人对言语产生监测和控制的调节能力并不会因年龄增长而受到影响。TOT 伴随产生的元认知体验可能和元认知的监测控制功能一起参与对言语产生具体认知过程的调节，元认知体验可以驱动和指引 TOT 的调节活动，而 TOT 的调节活动，如监测等可能会导致元认知体验的产生(汪玲, 郭德俊, 2000)。总之，不同于 TOT 的认知解释，元认知的 TOT 解释反映了老年人对言语产生过程仍具有较高的监测和控制能力。元认知视角下影响 TOT 的因素主要是非语言属性，如知觉线索——线索的熟悉性(Cleary et al., 2014; Schwartz & Smith, 1997)、线索的数量(Schwartz & Smith, 1997)和线索所引发的情绪(D'Angelo & Humphreys, 2012; Schwartz, 2010)等。此外，研究者发现元认知体验可以有效预测随后目标词的成功提取。例如，伴随有情绪产生的 TOT 目标词最终解决率显著高于无情绪的 TOT(Schwartz, Travis, Castro, & Smith, 2000)，且解决时间更长(Schwartz, 2001)；高唤醒度的 TOT 目标词随后的提取成功率也更高(Kuipers, 2013; Schwartz, Travis, Castro, & Smith, 2000)。

综上，有关言语产生过程的 TOT 研究分别采用了认知视角和元认知视角，认知视角下的研究强调了语言学属性和个体的一般认知能力(如抑制无关信息的能力)，而元认知视角下的研究强调了 TOT 发生时个体对于状态的体验，包括个体的情绪状态以及对线索的元认知体验等，尚未有研究综合考察认知视角下的影响因素与元认知视角下的影响因素如何共同影响 TOT 的解决。

1.2 自然情境与实验室研究的结果比较

对 TOT 现象的研究多数是在控制严格的实验室情境下进行的，研究者使用标准的实验范式(如目标词定义范式和图片命名范式) (D’Angelo & Humphreys, 2015; Wilhelm, & Joolingen, 2013; Souchay & Smith, 2013; Buján, Galdo-Álvarez, Lindín, & Díaz, 2012)，不仅可以揭示 TOT 年龄特征的影响，还可以系统地揭示目标词的特征如何影响 TOT 的发生过程。尽管如此，研究者发现人们在实验室情境和自然情境下 TOT 的表现存在较大差异。第一，自然情境下 TOT 发生后目标词成功提取的概率高达 95%以上，老年人解决率稍高于青年人(Burke et al., 1991; Schwartz, 2002)，而在实验室条件下，目标词最终被解决率只有 40%左右(Schwartz, 1999)。如果只进行实验室研究，我们会认为 TOT 属于一类特殊的词汇产生失败

现象，因为该现象发生后大多数目标词是不能获得提取的。但是，如果考虑到自然情境下 TOT 的解决率如此之高，就不能简单地认为 TOT 是言语产生过程中的单词提取失败。第二，实验室研究往往忽视了 TOT 发生时个体的主观情绪体验对于解决 TOT 状态的积极作用(汪玲，郭德俊，2000)。第三，自然情境中的社会线索可以通过影响个体的社会动机、期望等方式间接地影响 TOT 的发生(Schwartz, 2002)，实验室研究很难考察真实的社会线索对 TOT 的影响(Schwartz, 2002)。

相比实验法，自然情境下的日记研究方法是一种收集日常生活中的数据进行研究的方法，能够“将生活再现”(Bolger et al., 2003)；其研究形式多样，简单易行，可以采用纸笔、掌上电脑、在线问卷和录音等形式进行研究。日记研究是基于事件的研究，被试可以在事件发生后及时地记录与事件相关的问题及体验，降低了回溯偏差(Reis & Gable, 2000)。日记研究所收集的数据为多水平嵌套数据，被试每次的记录嵌套在被试个体中，既能考察每个被试记录间的影响(within-person)，也能考察被试之间的差异和影响(between-person)，且存在时间滞后效应(Bolger, Davis, & Rafaeli, 2003)，即将时间因素考虑在内，考察被试前一次的认知和行为状态对后续记录的影响。更进一步，通过日记研究方法，我们可以考察变量随时间的变化，短时状态体验和行为间的关系以及人或情境特征之间的关系。

TOT 的日记研究方法是在自然情境下，要求个体在规定时间即时记录 TOT 发生情况，记录内容包括个体特征、TOT 发生时提取出的认知信息(语义和音韵信息、非目标词、采取的提取策略等)，以及伴随产生的元认知体验(如紧张、受挫等)等信息(Burke et al., 1991)。Burke 等(1991)使用日记法对自然情境下英语口语产生过程中的 TOT 老化机制及影响因素进行了研究，结果发现：在 TOT 发生率方面，与青年人相比，老年人产生了更多的 TOT(特别是对于专有名词，如人名)，及较少的非目标词；在 TOT 解决方面，老年人和青年人并不存在显著差异，老年人更倾向于使用被动地让目标词自由浮现(Pop-out)的策略(Burke et al., 1991)。

1.3 言语产生过程的不同模式：跨语言间的差异

已有 TOT 的认知年老化研究成果都针对的是字母语言(如英语和荷兰语等)，字母语言和非字母语言(如汉语)在字形构成、拼写规则等方面存在语言学差异，这些差异可能使字母语言和非字母语言表现出不同的认知特点，从而导致字母语言的 TOT 研究成果难以简单地推广至非字母语言。研究发现，大多数字母语言在词汇阅读过程中，人们容易提取整字的音韵，而汉语是一种表意文字，在其词汇阅读过程中更容易直接提取整字的语义(Ho, Law, & Ng, 2000)。更为重要的是，对于词汇产生过程，汉语表现出与字母语言不一样的认知加工模式。

第一，研究发现汉语词汇产生的音韵编码单元为音节(张清芳, 2008; O'Seaghdha et al., 2010; Zhang, Chen, Weekes, & Yang, 2009; Zhang & Weekes, 2009；You, W., Zhang, & Verdonschot, 2012)，而字母语言(如英语)为音素或音段(Schiller, 1998, 1999)。第二，口语词汇产生过程中语义节点和音韵节点的联结模式表现出跨语言的不同模式。汉语词汇产生过程中语义和音韵信息激活的时间进程是序列的，先激活语义信息，再激活音韵信息，两类信息的激活不会产生相互影响(Zhu, Damian, & Zhang, 2015；Zhu, Zhang, & Damian, 2016; Zhang, Zhu, & Damian, 2018)；而字母语言(如英语)口语词汇产生过程中语义和音韵信息激活的时间进程存在重叠，且两类信息的激活会产生相互影响，存在音韵信息的激活向语义节点的激活反馈(Starreveld & La Heij, 1995; Dell'Acqua et al., 2010)。相比字母语言，汉语的语义节点和音韵节点之间的联结可能更弱，口语词汇产生过程中语义加工和音韵加工之间的关系在不同语言中表现出不同的模式，根据 TOT 认知视角的观点，TOT 主要是由词汇音韵提取的缺陷或音韵激活不充分导致，这很有可能导致 TOT 认知老化的跨语言差异。

综上所述，第一，现有的实验研究虽然可以从言语产生的认知和元认知两种视角对 TOT 老化机制、影响因素进行解释，但是这两种视角的研究结论存在较大差异，即认知视角认为 TOT 老化意味着言语产生的衰退，而元认知视角则认为至少在言语产生的元认知层面老年人并未衰退，且已有多数研究仅采用一种视角考察 TOT。Burke 等(1991)的研究中统计了 TOT 发生时伴随的元认知体验，但是研究者并未考虑这些元认知体验与 TOT 发生之间的内在关联。第二，已有研究主要采用实验法，研究生态效度较低，不能考察自然情境中的身心状态和社会线索等因素对口语产生过程的影响。第三，已有研究主要针对字母语言，但是汉语口语产生过程的模式与字母语言截然不同。

因此，本研究采用生态效度较高的日记研究法，对自然情境下的 TOT 年老化现象进行为期 28 天的追踪研究，考察比较汉语情境下青年人和老年人 TOT 日常发生的情况；所记录的情况包括 TOT 认知和元认知两个方面的特点，通过方差分析和回归分析考察 TOT 的产生机制和影响因素；采用多水平数据分析方法，探究 TOT 记录对后续发生情况的影响，并考察元认知状态对认知过程的影响。根据认知视角中传输缺陷假说和阻塞假说的观点，以及元认知视角中所提出的监测和控制系统的观点，结合已有研究的发现，我们假设 TOT 的年老化现象来自于认知视角和元认知视角下各个因素的共同作用。具体表现为：在认知视角下，TOT 的增多可能与老年人口语产生过程中音韵信息的激活减弱有关；在元认知视角下，老年人的元认知监测和控制能力可能并不会随年龄增长出现衰退，这能帮助老年人解决 TOT 状态发现目标词。研究中我们会通过多种数据分析方法(方差分析、回归分析以及多水平数

据分析等)验证上述假设。

2 方法

2.1 被试

通过在高校中张贴招募启事、相关学生网站上发帖、微信公众号发文等形式招募青年被试 31 名(男 16 名，女 15 名)；通过在高校中张贴招募启事和走访高校社区、公园招募老年被试 36 名(男 13 名，女 23 名)。所有被试的视力或者矫正视力正常，听力也正常。调查结束后，使用中文版的蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment Scale, MoCA)对老年人的一般认知能力进行评估，评估得分小于 26 分的老年被试不进入本研究的统计分析(Sörös, Bose, Sokoloff, Graham, & Stuss, 2011)。经 MoCA 量表评估后，3 名女性老年被试被排除，因此最终进入统计分析的老年被试有 33 名，MoCA 得分为 27.59±1.27。被试的人口统计学信息如表 1，青年人和老年人的受教育年限差异不显著(t (60) = 1.19，p = 0.24)。调查完成后，被试获得相应报酬。

表 1 青年组和老年组年龄和受教育年限(*M*±*SD*)

组别	年龄			受教育年限	
	Range	*M*	*SD*	*M*	*SD*
青年人	18~25	21.50	2.43	13.93	1.82
老年人	60~81	66.91	6.85	13.34	2.07

注：受教育年限(年)

2.2 研究工具

研究工具由两部分构成：回溯问卷和 TOT 记录本。

回溯问卷。在 Burke 等人(1991)的回溯问卷基础上编制的半结构化问卷。问卷共 9 个项目，内容涉及个体的基本信息和最近一周的 TOT 发生情况。其中后一部分内容具体包括 TOT 的发生频率、目标词词性、是否出现相关的替代词、TOT 的解决策略、解决概率和个体的主观体验等(见附录 1)。

TOT 记录本。在 Burke 等人(1991)日记调查法的基础上设计了本研究的 TOT 记录本(见附录 2)。该记录本共 12 个项目，用于实时记录连续四周内，个体从 TOT 发生到 TOT 解决的整个过程。记录本分为四个基本维度，维度一为 TOT 对应目标词的基本特征：项目 2 词性(人名，地名，物体名，抽象名词，电影/电视剧/书名，其他)，项目 3 目标词属于人名时填写认识多久(年)、联系频率(次/年)、最近一次联系距今多久(年月)，项目 4 熟悉度 7 点量表评分；维度二是 TOT 发生时相关信息提取：项目 5 TOT 发生时可回忆出的信息，项目 7 回忆目标词时想到的替代词；维度三指 TOT 的解决过程：项目 1 发生时刻，项目 11 解决时

刻，项目 6 回忆目标词的策略、项目 10 最终解决策略(反复想，问别人，查资料，什么也不做)，项目 8 最终是否回忆出目标词，项目 9 正确目标词；维度四为 TOT 发生时个体的主观情绪体验：具体包括个体的紧张度、兴奋度、疲惫感和舒适度(项目 12)。其中维度一到三为认知视角下的指标，维度四为元认知视角下的指标。

2.3 研究流程

本研究采用半结构的回溯问卷和 TOT 记录本相结合的方法，对不同年龄组被试的 TOT 发生情况进行施测。具体步骤如下：步骤一，正式调查前，主试向被试描述 TOT 状态，使被试理解 TOT 的基本特征。接着，介绍 TOT 记录本记录的基本要求，并对被试进行填写训练，要求被试完成回溯问卷的填写。步骤二，要求被试在一个月的时间内，根据自己的实际情况实时记录 TOT 发生情况。在这期间，主试每周对被试的记录情况进行提醒，通过电话访谈的方式，询问被试的填写情况，及时解答被试的疑问，确保被试理解实验要求。步骤三，主试回收被试的 TOT 记录本并逐个检查被试的记录情况，确保记录内容清晰、可辨别。最后对老年被试进行一般认知能力测试(MoCA)。

3 结果

青年被试有 1 名流失，最后保留的共有 30 名(男 16 名，女 14 名)。老年人被试 1 人因 TOT 记录本填写不完整而被剔除，最后保留的老年人被试共有 32 名(男 10 名，女 22 名)[1]。回溯问卷和 TOT 记录本结果的统计分析如下。

3.1 回溯问卷编码和统计结果

“发生频率”，“回忆出来的概率估计”，“有多担心”这三题为连续数据；“目标词类型估计”，“可回忆出的信息”(区分为语义、音韵信息和词条信息)，“回忆目标词的方法”这三题编为分类数据，进行 0 或 1 计分(1 = 属于此类，0 = 不属于此类)。

回溯问卷结果显示：在最近一个月内，被试回忆的 TOT 发生频率(t(61) = -1.05，p = 0.30)，和 TOT 解决率(成功提取目标词) (t(61) = -0.51，p = 0.61)不存在年龄差异；而且 TOT 发生时个体的主观体验(担心程度)也不存在年龄的主效应(t (61) = -0.38，p = 0.71)。

3.2 TOT 记录本编码和统计结果

针对上述数据，我们进行了如下五个方面的分析。首先，分析了 TOT 发生时目标词的基本特征，包括目标词熟悉度，发生数量和目标词类型；第二，分析了 TOT 发生过程中相

[1] 我们采用 G Power 3 计算了最小样本量，针对文中单因素独立样本 t 检验，取 α = 0.05，β = 0.2，效应量取“大”(0.8)计算，在 t 检验中所需样本量一共为 54。针对文中两因素重复测量方差分析，取 α = 0.05，β = 0.2，效应量取“中” (0.25)计算，在 F 检验中所需样本量为 34。本文数据分析中的样本量为 62，符合样本量的要求。

关信息提取情况，包括回忆特征分析(语义/音韵)，替代词和身心状态；第三，分析了 TOT 解决过程中的回忆策略和最终解决策略；第四，采用回归分析方法考察影响 TOT 解决时间的因素；第五，采用多水平数据分析方法，考察了随着日记研究方法的进行，被试对于 TOT 发生后状态的记录对于后续 TOT 发生后解决时间的影响。我们的分析会重点关注青年人和老年人是否产生了不同的模式，即 TOT 认知年老化的特点及其影响因素。

3.2.1 TOT 对应目标词基本特征的年龄效应

表 2 所示为 TOT 发生时目标词的基本特征，包括了对目标词的熟悉度判断，TOT 的发生数量以及目标词的词性等特征随年龄变化的结果。

表 2 不同年龄 TOT 发生时目标词的基本特征 (*M*±*SD*)

组别	基本信息				词类						
	发生总数	解决总数	熟悉度	平均发生数量	人名	地名	物体名	抽象词	电影/电视/书名	专有名词	非专有名词
青年人	145	133	5.50±0.71	4.83±2.10	0.47±0.27	0.14±0.21	0.11±0.22	0.10±0.13	0.17±0.17	0.78±0.23	0.21±0.34
老年人	205	193	5.26±1.15	6.41±2.96	0.59±0.21	0.10±0.13	0.16±0.20	0.02±0.05	0.14±0.19	0.82±0.21	0.17±0.25

注：熟悉度 1 表示非常不熟悉，7 表示非常熟悉；词类为所占比例。

TOT 对应目标词的熟悉度。62 名被试共发生 350 次 TOT，其中 326 次(93%)最后提取出了目标词。不同年龄组被试产生 TOT 对应目标词的熟悉程度(计算每个被试发生的平均情况)如表 2 所示。对目标词的熟悉度进行单因素独立样本 t 检验，结果发现，目标词的熟悉度不存在年龄差异($t(60) = 1.01$，$p = 0.31$)。

TOT 发生数量。根据“是否解决”计算每个被试发生的 TOT 总次数和解决的总次数，对次数进行单因素独立样本 t 检验，结果发现，发生数量的年龄差异显著，$t(60) = -2.40$，$p = 0.02$，青年人($M = 4.83$)比老年人($M = 6.41$)发生 TOT 的数量少。

TOT 对应目标词的词类。计算每个被试发生的次数及比率得到“目标词类型”的数据，对 TOT 词类进行分析发现，人名提取发生 TOT 的比例最高(53%)，其次依次为电影/电视/书名(15%)、地名(12%)、物体名(14%)和抽象词(6%)。图 1 所示为青年人和老年人产生的不同词性 TOT 占总量的百分比。对不同类别词发生 TOT 的比例进行 2 年龄(青年组，老年组) × 5 词类(人名、地名、物体、抽象、电影/电视/书)两因素混合设计方差分析。结果显示，球形性假设不成立($p < 0.001$)，使用 Greenhouse-Geiss 法校正。词类主效应显著($F(4, 240) = 48.89$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = .45$)；年龄主效应显著($F(1, 60) = 4.55$，$p < 0.05$，$\eta_p^2 = 0.07$)；词类和年龄的交互作用边缘显著($F(4, 240) = 2.37$，$p = 0.05$，$\eta_p^2 = 0.04$)。简单效应分析发现，抽象词提取产生的 TOT 年龄简单效应显著，青年人抽象词提取的 TOT 概率($M = 0.11$)显著大于老年人($M = 0.02$) ($F(1, 60) = 11.37$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.16$)。

进一步将人名、地名、电影/电视/书名四类名词合并成专有名词，物体名、抽象词合并为非专有名词。通过对这两类名词提取发生 TOT 的比例进行 2 年龄(青年组，老年组) ×2 词类(专有名词，非专有名词)两因素混合设计方差分析。结果发现，球形性假设不成立(p < 0.001)，使用 Greenhouse-Geiss 法校正。词类主效应显著($F(1, 120) = 201.73$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.77$)，专有名词提取产生 TOT 的概率($M = 0.79$)显著高于非专有名词($M = 0.10$)。年龄的主效应显著($F(1, 60) = 4.55$，$p < 0.05$，$\eta_p^2 = 0.07$)，年龄和词类的交互效应不显著($F(1, 120) = 1.66$，$p = 0.20$)。

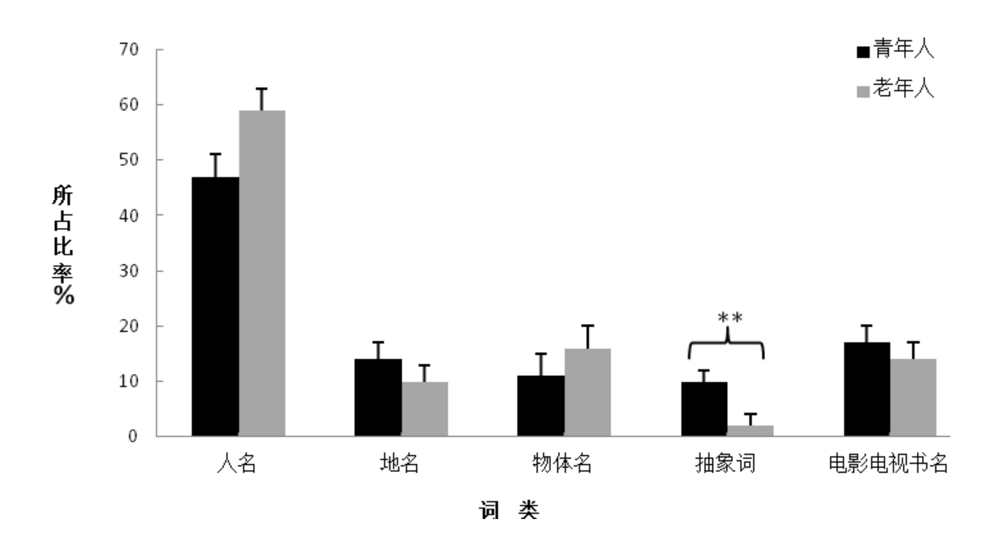


图 1 不同词类的目标词产生 TOT 的年龄差异

进一步对人名提取产生的 TOT 进行分析，计算每个被试发生的平均情况，具体分析被试认识或接触该人名的时间(认识多久-年)、与该人名的联系频率(接触频率-次/年)，及最近一次联系或接触的时间间隔(近因性-月)对 TOT 发生的影响。由于数据具有较大变异，我们对数据进行了 log 转换。通过对上述三个变量进行年龄(青年组，老年组)的单因素独立样本 t 检验，结果发现，存在“认识多久”的年龄差异，($t(37) = -5.00$，$p < 0.001$)，老年人认识或接触人名认识时间($M = 1.08$)显著长于青年人($M = 0.34$)；联系频率和近因性的年龄差异均不显著($ts \le -0.33$，$ps \ge 0.45$)。

3.2.2 TOT 发生时相关信息提取的年龄效应

表 3 不同年龄 TOT 发生时提取的各类信息的特点 (M±SD)

组别	目标词信息		替代词信息			身心状态			
	语义信息	语音信息	替代词发生率	语义信息	语音信息	紧张度	疲惫感	兴奋度	舒适度
青年人	0.96±0.09	0.06±0.12	0.87±0.24	0.58±0.27	0.20±0.21	3.57±1.14	4.08±0.88	4.10±0.91	3.85±0.93
老年人	0.97±0.80	0.07±0.13	0.87±0.13	0.58±0.23	0.27±0.24	3.16±1.19	3.09±1.20	3.09±1.20	4.11±1.22

注：目标词信息，替代词信息为所占比例；身心状态 1-7 (1 表示非常不，7 表示非常)。

表 3 所示为 TOT 发生时青年组和老年组被试对所提取相关信息特点的评估结果(平均值和标准差)。

语义和音韵信息的提取。TOT 发生时存在目标词相关信息的提取现象，根据被试报告的结果，我们把相关信息划分为语义和音韵信息两类(见表 3)。在此基础上，进一步统计每个被试每次 TOT 发生时，语义和音韵信息提取的比例。通过对两类信息的提取比例进行 2 年龄(青年组，老年组) × 2 信息类别(语义信息，音韵信息)两因素混合实验设计方法分析，发现信息类别主效应显著($F(1, 60) = 1915.07$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.97$)，TOT 发生时，与音韵信息相比($M = 0.07$)，被试提取了更多的语义信息($M = 0.97$)。其它变量的主效应及变量间的交互效应均不显著($Fs \leq 0.13$，$ps \geq 0.72$)。

TOT 替代词的特征。同样将替代词相关信息划分为语义和音韵信息两类并进一步统计每个被试每次 TOT 发生时，语义和音韵信息提取的比例(见表 3)。对 TOT 发生时替代词产生的数量进行单因素独立样本 t 检验，结果发现，年龄差异不显著($t(60) = 0.07$，$p = 0.94$)。通过与目标词进行比较，我们对 TOT 产生的替代词进行分类，一类与目标词存在语义关联，另一类存在音韵相关。通过对两类替代词发生比例进行 2 年龄(青年组，老年组)×2 替代词类别(语义相关，音韵相关)两因素混合实验设计方差分析，发现替代词类型主效应显著($F(1, 60) = 51.87$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.46$)，语义相关的替代词比例($M = 0.58$)显著高于音韵相关的替代词($M = 0.23$)。其它变量的主效应及变量间交互作用均不显著($Fs \leq 0.99$，$ps \geq 0.32$)。

身心状态的评价[2]。通过计算每个被试在项目上评分的均值得到“TOT 发生时的身心状态”，对被试 TOT 发生时的主观元认知体验(紧张度、舒适度、疲惫感和兴奋度)评分分别进行年龄的单因素独立样本 t 检验。结果发现，两组被试的紧张度($t(60) = 1.37$，$p = 0.18$)和舒适度($t(60) = -0.96$，$p = 0.35$)无显著的年龄差异；而被试的疲惫感年龄差异显著($t(60) = 3.68$，$p < 0.001$)，青年人的疲惫感($M = 4.08$)显著高于老年人($M = 3.09$)；兴奋度年龄差异显著($t(60) = 3.72$，$p < 0.001$)，青年人的兴奋度($M = 4.10$)显著高于老年人($M = 3.09$)，具体见图 2。

3.2.3 年龄对 TOT 解决过程的影响

表 4 所示青年组和老年组被试发生 TOT 所采用的策略以及试图回忆目标词的策略。

TOT 最终解决策略。计算每个被试每种策略的数量，进一步算出对应的比例(见表 4)，

[2] 已有的研究均未报告此问卷和记录本的信、效度。我们利用本研究中所得到的数据身心状态的评价做了重测信度分析。重测信度是指用同一个量表对同一组被试重复施测所得结果的一致性程度，其大小等于同一组被试在两次测验所得分数的皮尔逊积差相关系数，考察跨时间的一致性。TOT 记录本中最后被试身心状态的评分是连续变量，被试每次发生 TOT 后对此进行记录，我们计算了每次身心状态评估之间的重测信度，其信度系数为 0.62 ($p < 0.01$)，具有较好的跨时间一致性。

对 TOT 最终解决率(成功提取目标词)进行 2 年龄(青年组，老年组) ×4 解决策略(反复想、问别人、查资料、什么都不做)两因素混合实验设计方差分析。结果显示：球形性假设不成立($p < 0.05$)，使用 Greenhouse-Geiss 法校正。最终解决策略主效应显著($F(3, 177) = 22.35$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.28$)，被试使用“反复想”的 TOT 解决策略比例($M = 0.48$)显著高于其他三种策略，“问别人”($M = 0.25$)显著高于“什么都不做”的策略($M = 0.11$)。最终解决策略和年龄的交互作用边缘显著($F(3, 177) = 2.19$，$p = 0.09$，$\eta_p^2 = 0.04$)，简单效应分析发现，青年人($M = 0.23$)比老年人($M = 0.10$)更多地使用“查资料”的策略($F(1, 59) = 8.46$，$p = 0.005$，$\eta_p^2 = 0.13$)；而老年人($M = 0.17$)比青年人($M = 0.06$)更多地使用“什么都不做”的策略($F(1, 59) = 4.43$，$p = 0.04$，$\eta_p^2 = 0.07$)。年龄主效应不显著($F(1, 59) = 0.10$，$p = 0.75$，$\eta_p^2 = 0.002$)。

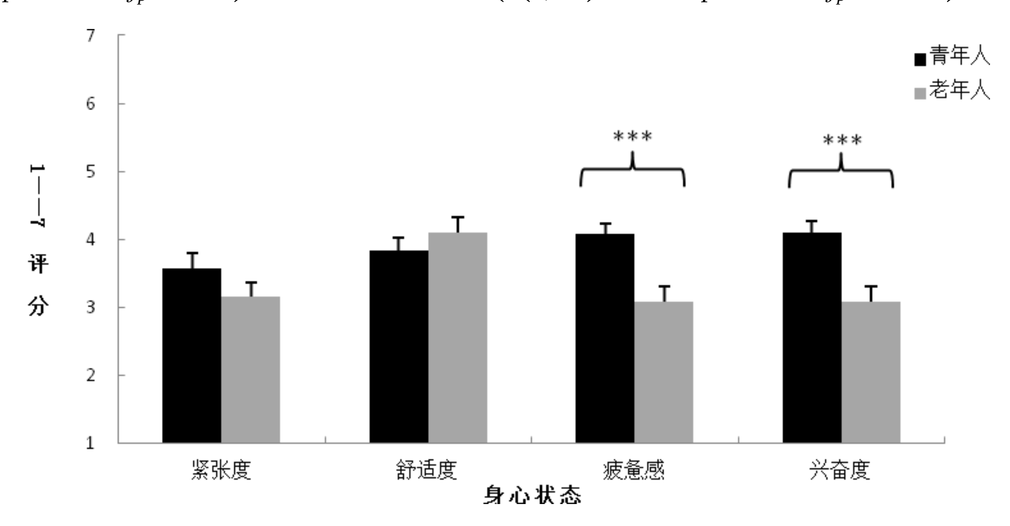


图 2 青年组和老年组发生 TOT 时的身心状态

表 4 青年组和老年组不同 TOT 解决策略所占比例(%)的平均值和标准差 ($M±SD$)、

组别	最终解决策略				试图解决策略			
	反复想	问别人	查资料	什么都不做	反复想	问别人	查资料	什么都不做
青年人	0.47±0.31	0.24±0.28	0.23±0.22	0.06±0.13	0.56±0.24	0.22±0.22	0.16±0.16	0.06±0.12
老年人	0.49±0.26	0.25±0.19	0.10±0.13	0.17±0.26	0.50±0.25	0.29±0.22	0.08±0.10	0.13±0.18

试图回忆 TOT 的策略。计算每个被试每种策略的数量，进一步算出对应的比例(结果如表 4 所示)，对其比例进行 2 年龄(青年组，老年组) × 4 试图解决策略(反复想、问别人、查资料、什么都不做)两因素混合试验设计方差分析。结果显示，球形性假设不成立($p < 0.001$)，使用 Greenhouse-Geiss 法校正。试图解决策略主效应显著($F(3, 180) = 49.62$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.45$)，使用“反复想”策略($M = 0.53$) 的比例显著高于使用其他策略，“问别人”策略($M = 0.25$)显著高于“查资料”策略($M = 0.12$)和“什么都不做”策略($M = 0.10$)。年龄主效应不显著($F(1, 60) = 0.57$，$p = 0.45$，$\eta_p^2 = 0.01$)，年龄和试图解决策略的交互作用不显著($F(3, 180) = 1.84$，$p = 0.16$，$\eta_p^2 = 0.03$)。

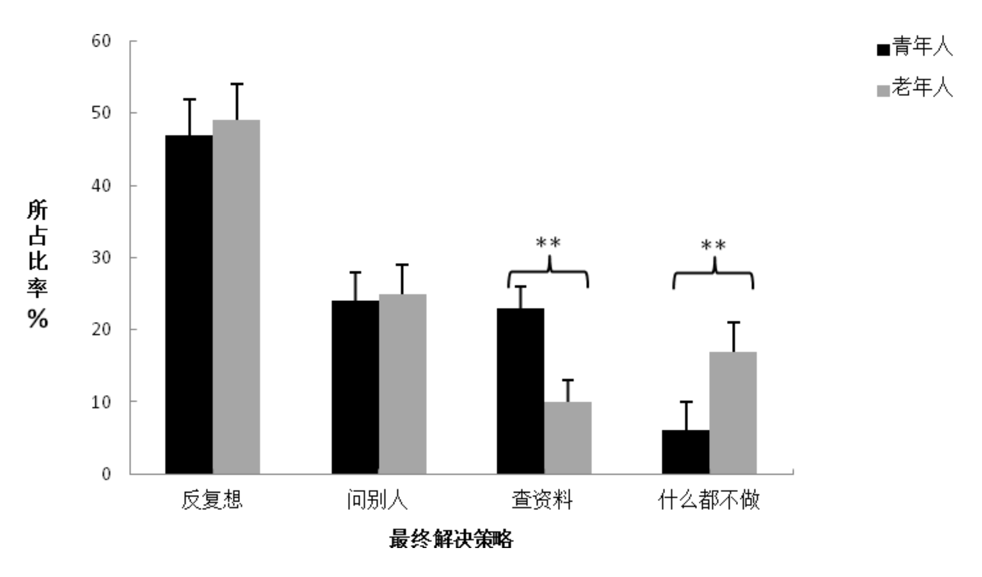


图 3 青年组和老年组解决 TOT 所用策略比较

年龄和替代词的发生是否影响 TOT 最终解决。结果发现，青年人和老年人 TOT 成功解决率均比较高，分别为 89.4%和 89.63%。采用 2(年龄) ×2(有无替代词)两因素被试间方差分析来考察二者对 TOT 是否解决的影响。结果发现均不显著，$Fs \leq 0.85$，$ps \geq 0.36$。

3.2.4 认知视角的因素和元认知视角的因素对 TOT 解决时间的影响：多元线性回归分析

表 5 TOT 解决时间的多元线性回归结果

Step	Variable	各项指标				
		R^2	Adjusted R^2	$\triangle R^2$	β	t
Step1		0.06	0.06			
	年龄				0.23	3.86***
Step2		0.10	0.09	0.04		
	熟悉度				- 0.16	- 2.90**
	是否有替代词				0.15	2.63**
Step3		0.12	0.10	0.02		
	紧张度				0.12	1.66
	疲惫感				- 0.05	- 0.69
	兴奋度				- 0.08	- 1.28
	舒适度				0.13	2.32*

注：$^*p < 0.05$， $^{**}p < 0.01$，$^{***}p < 0.001$

通过被试所记录的每个 TOT 发生时刻和解决时刻，计算出 TOT 的解决时间。根据已有研究及前文统计结果，我们发现影响 TOT 解决的因素包括：被试的特征变量(年龄)、目标词相关的刺激特征变量(目标词的熟悉度、是否有替代词)，以及 TOT 发生时被试的主观状态(疲惫感、紧张度、兴奋度和舒适度)。其中，刺激特征变量为认知视角的因素，被试主观状态属于元认知视角的因素。为进一步探讨影响 TOT 解决时间的影响因素，我们以解决时

间为反应变量，影响 TOT 解决的因素为解释变量进行多元线性回归分析。具体步骤如下：第一步，将年龄作为第一层变量纳入回归方程；第二步，将是否有替代词和熟悉度作为第二层变量纳入回归方程；第三步，将身心状态四个维度的评分(紧张度，疲惫感，兴奋度，舒适度)作为第三层变量纳入回归方程。以上所有变量进入回归的方法均为强迫法(Enter)。回归结果显示：第一层的线性回归模型显著(F(1, 318) = 19.61，p < 0.001)，该模型共解释了 6%的变异，年龄可以显著预测 TOT 的解决时间；第二层模型显著(F(3, 318) = 11.84，p < 0.001)，目标词的熟悉度和是否有替代词多解释了 4%的变异，这两个变量与 TOT 解决时间分别存在显著的负相关和正相关；加入个体主观状态后，第三层模型依然显著(F(7, 318) = 6.09，p < 0.001)，该模型对方差变异的解释率增加了 2%，其中舒适度与 TOT 解决时间存在显著的正相关。最后一个模型所解释的变异相对来讲是最大的(Adjusted R^2 = 0.10)，这说明 TOT 发生的确涉及认知和元认知两方面的因素(见表 5)。

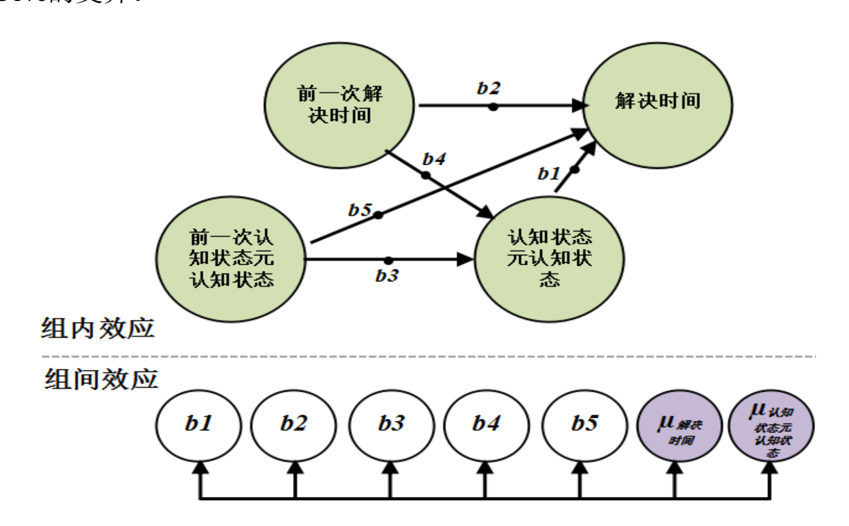
3.2.5 认知视角因素和元认知视角因素对后续 TOT 的影响：多水平数据分析

本研究中被试在连续 28 天记录所发生的 TOT 情况，数据为多水平嵌套数据，被试每次的记录嵌套在被试个体中。考虑到日记研究中的时间滞后效应(time-lagged effect)，即将时间因素考虑在内，考察被试前一次的认知和行为状态对后续认知和行为的影响(Bolger, Davis, & Rafaeli, 2003; Ohly, 2010; Eldahanet al., 2016)，本研究中为被试对前一次的认知和行为状态的评价和解决可能会对后续 TOT 的发生和解决产生影响。在多水平数据分析中，我们以 TOT 发生后的解决时间为结果变量，分别以熟悉度(认知因素)、被试的兴奋度，疲惫感，舒适度，紧张度(元认知状态)为预测变量，考察被试的认知状态、元认知状态对 TOT 发生后解决时间的影响，并进一步考察每次发生 TOT 后被试的认知和元认知状态对后续 TOT 发生的认知和元认知状态的影响，一共形成五个模型(1 熟悉度，2 兴奋度，3 疲惫感，4 舒适度，5 紧张度)。

图 4 所示为两水平数据模型，采用 Mplus 8.0 软件进行分析：水平 1(Level 1)为被试内效应(within-person effects)，水平 2(Level 2)为被试间效应(between-person effects)。其中，水平 1(within-person effects)：认知状态、元认知状态对解决时间的影响(b1)，解决时间滞后效应对解决时间的影响(b2)，认知状态、元认知状态滞后效应对随后发生的 TOT 认知状态、元认知状态的影响(b3)，解决时间滞后效应对认知状态、元认知状态的影响(b4)，认知状态、元认知状态滞后效应对解决时间的影响(b5)；水平 2(between-person effects)：每次解决时间和认知状态、元认知状态的差异。

多水平数据的结果比较复杂，我们在此呈现了达到显著水平的结果，全部的结果见附录

3。水平 1 中：被试每次记录的解决时间和熟悉度分别对之后 TOT 的解决时间(estimate = 0.30, $p < 0.01$)和熟悉度(estimate = 0.34, $p < 0.01$)有显著影响；每次记录的解决时间对下一次 TOT 发生产生的熟悉度有影响(estimate = -0.14, $p < 0.05$)。被试每次记录的解决时间和兴奋度分别对之后 TOT 的解决时间(estimate = 0.32, $p < 0.01$)和兴奋度(estimate = 0.18, $p < 0.01$)有显著影响。被试每次记录的解决时间和疲惫感分别对之后 TOT 的解决时间(estimate = 0.27, $p < 0.001$)和疲惫感(estimate = 0.22, $p < 0.001$)有显著影响。被试每次记录的解决时间和紧张度分别对之后 TOT 的解决时间(estimate = 0.31, $p < 0.001$)和紧张度(estimate = 0.13, $p < 0.05$)有显著影响。水平 2 中：熟悉度和解决时间自回归相关显著(estimate = 0.62, $p < 0.05$)，说明熟悉度越高的被试，自回归影响越大。其他元认知状态在被试间影响不显著($ps > 0.05$)。模型 1 中解决时间的滞后效应和熟悉度分别解释被试内水平 44%和 41%的变异；模型 2 中解决时间的滞后效应和兴奋度分别解释被试内水平 40%和 36%的变异；模型 3 解决时间的滞后效应和疲惫感分别解释被试内水平 43%和 31%的变异；模型 4 解决时间的滞后效应和舒适度分别解释被试内水平 42%和 32%的变异；模型 5 解决时间的滞后效应和紧张度分别解释被试内水平 44%和 36%的变异。



注：认知状态：熟悉度；元认知状态：兴奋度，疲惫感，舒适度，紧张度。*b1* = 认知状态、元认知状态对解决时间的影响；*b2* = 解决时间滞后效应对解决时间的影响；*b3* = 认知状态、元认知状态滞后效应对随后发生的 TOT 认知状态、元认知状态的影响；*b4* = 解决时间滞后效应对认知状态、元认知状态的影响；*b5* = 认知状态、元认知状态滞后效应对解决时间的影响；$\mu_{解决时间}$ = 解决时间平均值(组间)；$\mu_{认知元认知}$ = 熟悉度/兴奋度/疲惫感/舒适度/紧张度平均值(组间)

图 4 多水平数据分析模型图

多水平数据分析的结果表明，每次发生 TOT 后被试的认知状态和元认知状态均会对后续 TOT 发生的认知状态和元认知状态产生影响，且每次发生 TOT 后的解决时间也会对下一次的解决时间产生影响。

4 讨论

本研究采用生态效度较高的日记记录法，考察了自然情境下 TOT 的发生机制及影响因素。结果发现汉语口语词汇产生过程中存在 TOT 的认知年老化现象，老年人的 TOT 发生数量多于青年人；青年人和老年人在 TOT 发生后都能提取更多的语义相关信息，较少的音韵相关信息，但所产生的替代词数量相当，无年龄差异；青年人和老年人 TOT 的成功解决率接近且非常高(均接近 90%)，但他们所使用的解决策略不同，青年人更倾向于采取积极的策略，而老年人则采取自动浮现的策略；与老年人相比，青年人在 TOT 发生后体验到较高的疲惫感和兴奋感；老年人解决 TOT 的时间比青年人长，目标词的熟悉性、是否有替代词的提取均会影响 TOT 的解决时间；多水平数据模型分析发现对 TOT 发生后目标词的熟悉性以及身心状态的评估都会影响再次发生 TOT 后的解决时间，表明认知视角和元认知视角的因素都影响了人们的口语产生过程。

4.1 年龄和目标词类型对 TOT 发生的影响

本研究发现在自然情境下口语产生过程存在年老化现象，即老年人 TOT 的发生次数显著高于青年人。通过对所对应目标词的认识时间和熟悉度进行分析发现，老年人 TOT 对应目标词的认识或接触时间比青年人更长，但熟悉性并无显著差异。该结果与传输缺陷假说的预测一致(Burke et al., 1991)。根据该假说，年龄会减弱目标词语义节点和音韵节点间的联结强度，导致目标词的语义信息不能充分地传输至音韵节点，从而影响目标词的音韵提取。换言之，年龄会影响目标词的音韵提取，而不会影响语义提取(Gollan & Brown, 2006)。目标词的熟悉度不存在年龄的差异，很可能是个体根据目标词的语义信息进行判断的结果。老年人目标词的语义和音韵节点的联结强度变弱，从而导致这些目标词更容易产生 TOT。

虽然专有名词的 TOT 发生率不存在年龄差异，但是专有名词(人名)的 TOT 发生率显著高于物体名、抽象词等，该结果与已有研究一致。Burke 等(1991)发现，自然情境下专有名词的 TOT 数量约占总 TOT 的 74%。在实验室情境下，同样发现专有名词的提取更容易产生 TOT(Evrard, 2002)。研究者认为专有名词属于一种指称表达，与一般的名词相比，专有名词的语义信息比较少(Cohen, 1990; Burke et al., 1991; Semenza, 1995; Evrard, 2002)，这使目标词语义节点的激活强度减弱，也使其与记忆中其它关联词的联系更少，从而导致专有名词更难提取，因而产生了更多的 TOT。青年人所产生的 TOT 抽象词比老年人多，这可能是由于青年大学生生活中更多接触书本内容以及新鲜事物，使用抽象词的频率更高，也在一定程度上反映了言语语用上的差异(Burke et al., 1991)。

此外，我们发现自然情境下的 TOT 词类，除了发生比例最高的名词外(53%)，还包括地名(12%)，物体名(13%)，电影电视书(15%)，抽象词(7%)。前人研究中大都采用实验法，所

诱发出来的 TOT 多为名词，本研究中在自然情境下，被试所自发产生的 TOT 词类更为丰富，为进一步采用实验法研究 TOT 提供了材料。

4.2 TOT 发生时信息的提取特点

TOT 发生时人们通常会提取目标词的部分信息，并产生替代词。本研究发现，汉语口语产生中老年人和青年人产生的替代词在数量上并不存在显著差异，这与英语中的研究发现不同。Burke 等(1991)以及 Cohen 和 Faulkner(2011)均发现，青年人(和中年人)TOT 发生时产生的替代词比老年人更多。上述研究并不符合阻塞假说或传输缺陷假说的观点(Hasher & Zacks, 1988; Jones, 1989; Stoltzfus, Hasher, & Zacks, 1996)：替代词的出现会阻塞目标词的提取，并且由于老年人的词汇量比青年人更大(Ben-David, Erel, Goy, & Schneider, 2015)，他们在目标词提取时会激活更多非目标词，从而导致更多的 TOT。研究中通过 MoCA 量表保证了老年人的一般认知能力正常，因此我们推测自然情境下 TOT 的认知老化并非是由于老年人对替代词的抑制能力下降导致的。

其二，多数替代词与目标词存在语义关联。例如目标词是人名，个体可以说出该人的职业、性别、以及长相等语义信息。这表明 TOT 产生时个体能够提取相关语义信息。本研究发现，TOT 发生时个体提取的音韵关联信息比例(0.07)远远少于语义关联信息的比例(0.96)，与传输缺陷假说的预测一致(Burke et al., 1991)。研究发现目标词提取时呈现音韵相关词有助于减少 TOT 的发生(Abrams & Rodriguez, 2005; Farrell & Abrams, 2011)，表明确实是由于音韵激活的减弱导致了 TOT。

其三，青年人和老年人中音韵替代词比例无年龄差异，这与字母语言中的结果不同。在字母语言中，Burke 等(1991)发现青年人提取音韵关联词的数量(2.07)多于老年人(1.53)；Cohen 和 Faulkner(2011)的研究发现青年人音韵信息(0.28)提取比例高于老年人(0.22)。汉语与字母语言中 TOT 认知年老化的不同模式可能与不同语言口语产生过程的不同模式有关，字母语言中语义与音韵阶段之间是交互作用的模式，语义和音韵信息激活是双向传递的，存在非目标项的多重音韵激活。随着年龄增加，字母语言中老年人的语义和音韵之间的联结模式更强，且激活了更多的与目标词存在语义相关的非目标词(Dell'Acqua et al., 2010; Starreveld & La Heij, 1995)，因而字母语言的老年人产生了更多的替代词。相比而言，汉语的口语产生过程中语义与音韵之间无交互作用，仅针对目标词产生音韵激活(Zhu et al., 2015, 2016; Zhang, et al., 2018)，即使随着年龄增加老年人的语义激活并未衰退，但其激活并不会扩散至与目标词存在语义联系的非目标词上，因而汉语的老年人和青年人所产生的替代词数量是相当的。

最后，TOT 发生时个体的元认知体验评分结果显示，与老年人相比，青年人体验到了更多的疲惫感和兴奋感情绪。根据 TOT 的元认知视角观点，TOT 伴随产生的元认知体验反映了元认知系统对言语产生过程的监测及控制(Schwartz & Metcalfe, 2011)。具体而言，TOT 发生后个体在不同元认知体验的背景下会采取不同的解决策略对言语产生过程进行控制，目的是使目标词成功地提取出来。个体在情绪体验上的差异可能与其所采取的不同提取策略有关(Kuipers, 2013; Schwartz, 2008; Warriner & Humphreys, 2008)。与老年人相比，青年人可能采取了更加积极主动的解决策略，我们发现青年人比较多地采用“查资料”的策略，而老年人更多的是采用“什么都不做”让目标词自己浮现的策略，因而青年人 TOT 的解决时间显著短于老年人，这与以往研究一致(Burke et al., 1991)。与此同时，积极主动的 TOT 解决策略可能需要耗费青年人更多的注意资源，因而青年人会在 TOT 发生后体验到更多的疲惫感。青年人体验更多的兴奋感反映了他们通过采取积极的策略后，能够预测到目标词即将获得提取，因而产生了更多的积极情绪。Schwartz(2001)发现了类似的结果模式，研究者发现与伴随有受挫感体验的 TOT 相比，伴随有兴奋感体验的 TOT 发生后，个体可以提取更多关于目标词的词性、单复数等语义信息。

本研究结果发现，老年人发生的 TOT 数量多于青年人，在元认知体验(身心状态)的评分上青年人体验到更多的疲惫感和兴奋感，而在其它体验上两组之间无差异，这表明 TOT 的发生数量与元认知体验无关。TOT 的发生并不是连续多次的，并不是元认知体验导致个体产生更多的 TOT，而是个体在产生 TOT 后伴随有特定的元认知体验。青年组和老年组在元认知体验上的不同和相同提示两组被试对元认知体验的不同方面的敏感性不同。在回收问卷访谈的过程中，我们发现青年人对身心状态的关注更多，老年人由于遗忘等原因，可能会产生一定的记录偏差。已有研究发现，老年人可以对目标词的提取状态进行监测和控制，且目标词成功提取的概率与青年人相当 (Burke et al., 1991)，我们的研究中虽然老年人身心状态评分比青年人低，但是老年人 TOT 成功提取率高达 94%，甚至略高于青年人(92%)，说明老年人对语言产生过程中的监测和控制可能与青年人相当，并可能通过元认知状态的评估帮助他们进行 TOT 状态的解决。这提示我们在后续研究中需要关注 TOT 的认知因素和元认知因素之间的关系，及其可能的交互作用对 TOT 产生后解决时间及其解决策略的影响。本研究中通过回归分析和多水平分析做了尝试，但仍然需要控制严格的实验室研究对此问题进行深入研究。

4.3 影响 TOT 解决的因素

首先，解决策略影响人们对于 TOT 发生后目标词的提取(解决)，无论青年人还是老年

人，绝大多数的 TOT 都能得到解决(分别为 89.4%和 89.63%)。两组群体所用解决策略不同：青年人更多使用“查资料”的方式，而老年人更多使用“什么也不做”的自发解决策略。这种解决策略上的差异或许与个体的知识量或者词汇量大小有关。与青年人相比，老年人的词汇量更大(Ben-David, Erel, Goy, & Schneider, 2015)，而较大的词汇量容易产生词汇通达波动(Fluctuations in the accessibility of words)。这种波动具有两面性，一方面使老年人更容易产生 TOT 现象，另一方面使老年人在 TOT 发生后进行词汇的自发提取(Schwartz, 2002)。词汇产生时，当目标词的波动处于较低强度时，目标词会出现提取的失败或产生 TOT，当处于较高强度时，会成功提取。老年人可以在目标词处于较高强度时进行自发提取，因而更多使用“什么也不做”的策略。

其次，目标词本身的熟悉性也会影响解决时间，这与传输缺陷假说预测一致：目标词的熟悉程度和使用频率会影响目标词语义表征和音韵表征间的联结，对目标词越熟悉，使用频率越高，节点间的联结程度越强，语义节点能够很快传输到音韵节点，从而使得 TOT 目标词解决时间缩短(Burke et al., 1991)。此外，是否有替代词显著预测目标词的解决时间，有替代词时 TOT 的解决时间更长。这表明替代词可能与目标词选择产生竞争，从而干扰目标词的音韵提取，延长 TOT 解决时间，结果支持了阻塞假说(Abrams & Rodriguez, 2005; Jones, 1989; White et al., 2013)。虽然本研究并没有发现替代词的出现影响 TOT 的发生，但是替代词影响了 TOT 的解决时间，特别是与目标词存在语义关联的替代词。

此外，值得注意的是，本研究发现个体的主观体验也会影响 TOT 的解决时间。具体而言，TOT 发生时，个体体验的舒适度越高，解决时间越长。以往研究虽然没有直接研究个体的主观体验与 TOT 解决时间的关系，但却发现个体的主观体验可以有效预测目标词的解决。例如 TOT 的逼迫感体验可以有效预测 TOT 的解决。伴随有逼迫性体验的产生的 TOT 的解决率远高于无逼迫感的 TOT，解决率是后者的 5 倍(Schwartz, Travis, Castro, & Smith, 2000)。类似地，Schwartz(1999)发现，在自然情境下，伴随有情绪体验的 TOT 解决率远低于无伴随情绪的 TOT。不同主观体验预测 TOT 解决的差异，可能反映了元认知活动对目标词提取过程的不同调节。TOT 发生时，具有高舒适体验的个体可能并不急于进行目标词的提取，因而他们对目标词的解决动机和投入弱于低舒适度的个体(Schwartz, 2001, 2008)，从而导致 TOT 解决时间更长。

在多水平数据分析中，我们发现在被试内水平上，对于 TOT 认知状态和元认知状态的记录的确影响了被试之后 TOT 的解决时间以及认知和元认知体验，且每次发生 TOT 后的解决时间也会使下一次的解决时间增长。以解决时间为认知变量，结果发现每次的元认知体验

(兴奋度，疲惫感，舒适度，紧张度)增加了下一次 TOT 的解决时间，这反映了 TOT 元认知体验对认知过程的影响。这一结果表明个体在口语产生过程中出现 TOT 后，如果对其认知状态和元认知状态加以记录和评估，这在一定程度上确实增加了 TOT 被解决的概率，同时也增强了被试的信心，被试可能在随后发生的 TOT 中付出了更多的努力和时间去解决 TOT，因而得到了上述结果。这一猜测需要在实验室情境中进一步验证。

本研究使用日记记录法探究了自然情境下不同年龄群体 TOT 发生的基本规律和产生机制。生态效度高，被试反应真实，克服了以往实验室 TOT 研究的不足。即使如此，本研究亦存在不足之处。首先，自然情境中的日记研究不能有效控制无关变量的影响，如主观报告可能存在偏差(Burke, MacKay, Worthley, & Wade, 1991; Cohen & Faulkner, 2011)。研究中使用了纸笔(paper & pencil)日记法，虽然该方法方便被试随时记录，但无法排除被试遗忘风险，无法确保被试严格遵从了实验要求，记录每次 TOT 发生时的状态，日记研究中普遍存在这一问题(Bolger, Davis, & Rafaeli, 2003)。在本研究的基础上，下一步需要结合严谨的实验室研究，控制具体变量，进一步探索语义相关和音韵相关的非目标词对口语产生中单词提取年老化过程的影响。

与已有研究结果的比较以及对身心状态的重测信度分析表明我们所使用的问卷和记录本具有较好的信度和效度。在后续 TOT 的实验室研究中可以使用这样的测量和评定考察 TOT 的认知和元认知状态，在严格的实验室控制情境下，考察这些因素如何影响了 TOT 的解决以及使用的策略。例如，在实验室情境中可能语义信息更容易诱发被试的汉语 TOT，被试发生 TOT 后提供相应的语义关联的替代词能够缩短被试的 TOT 解决时间等。自然情境下 TOT 的研究所得到的描述性结果为实验室研究提供了真实的 TOT 材料，研究者可以根据具体的研究目的选择合适的 TOT 语料进行考察。

5 结论

综上，我们发现汉语口语产生过程中存在 TOT 的认知年老化现象，老年人 TOT 发生次数多于青年人，TOT 发生后两组被试都能提取更多的语义信息和相对较少的音韵信息，但两组被试产生的替代词数量相当，支持了传输缺陷假说的观点。TOT 产生后青年人比老年人产生了更强烈的兴奋感和疲惫感元认知体验，TOT 的解决率不存在年龄差异，但老年人 TOT 的解决时间比青年人更长，其解决时间受目标词熟悉性、是否存在替代词和个体主观体验的影响。对 TOT 状态的评估会影响随后 TOT 解决的时间，表明对 TOT 状态的记录和评价会使得人们付出更多努力和时间来解决 TOT。TOT 的解决不仅与目标词提取涉及的认

知因素有关，而且与个体的主观元认知体验有关，TOT 的最终解决是认知过程和元认知过程共同作用的结果，下一步的研究将通过严格控制的实验设计考察各个因素及其交互作用的影响机制。

参 考 文 献

Abrams, L., & Rodriguez, E. (2005). Syntactic class influences phonological priming of tip-of-the-tongue resolution. *Psychonomic Bulletin & Review, 12*(6), 1018–1023.

Ben-David, B. M., Erel, H., Goy, H., & Schneider, B. A. (2015). "Older is always better": Age-related differences in vocabulary scores across 16 years. *Psychology and Aging,30*(4), 856–862.

Bolger, N., Davis, A., & Rafaeli, E. (2003). *Diary methods: Capturing life as it is lived. Annual review of psychology, 54*(1), 579–616.

Brown, A. S. (2012). The tip of the tongue state. Hove, *United Kingdom: Psychology Press*.

Brown, R., & McNeill, D. (1966). The "tip of the tongue" phenomenon. *Journal of Verbal Learning and Behavior, 5*(4), 325–337.

Buján, A., Galdo-Álvarez, S., Lindín, M., & Díaz, F. (2012). An event-related potentials study of face naming: evidence of phonological retrieval deficit in the tip-of-the-tongue state. *Psychophysiology, 49*(7), 980–990.

Burke, D. M., Mackay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: what causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory & Language, 30*(5), 542–579.

Cleary, A. M., Konkel, K. E., Nomi, J. S., & McCabe, D. P. (2010). Odor recognition without identification. *Memory & Cognition, 38*(4), 452–460.

Cleary, A. M., Staley, S. R., & Klein, K. R. (2014). The effect of tip-of-the-tongue states on other cognitive judgments. In B. L. Schwartz & A. S. Brown (Eds.), *Tip-of-the-tongue states and related phenomena* (pp. 75–94). New York, NY: Cambridge University Press.

Cohen, G. (1990). Why is it difficult to put names to faces? *British Journal of Psychology, 81*(3), 287–297.

Cohen, G., & Faulkner, D. (2011). Memory for proper names: age differences in retrieval. *British Journal of Developmental Psychology,4*(2), 187–197.

D'Angelo, M. C., & Humphreys, K. R. (2012). Emotional cues do not increase the likelihood of tip-of-the-tongue states. *Memory and Cognition, 40*(8), 1331–1338.

D'Angelo, M. C., & Humphreys, K. R. (2015). Tip-of-the-tongue states reoccur because of implicit learning, but resolving them helps. *Cognition,142*, 166–190.

Dell'Acqua, R., Sessa, P., Peressotti, F., Mulatti, C., Navarrete, E., & Grainger, J. (2010). ERP evidence for ultra-fast semantic processing in the picture–word interference paradigm. *Frontiers in Psychology, 1*, 177.

Eldahan, A. I., Pachankis, J. E., Rendina, H. J., Ventuneac, A., Grov, C., & Parsons, J. T. (2016). Daily minority stress and affect among gay and bisexual men: A 30-day diary study. *Journal of affective disorders*, *190*, 828–835.

Evrard, M. (2002). Ageing and lexical access to common and proper names in picture naming. *Brain and Language, 81*(1), 174–179.

Farrell, M. T., & Abrams, L. (2011). Tip-of-the-tongue states reveal age differences in the syllable frequency effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 37*(1), 277–285.

Fieder, N., Nickels, L., & Biedermann, B. (2014). Representation and processing of mass and count nouns: A review *Frontiers in psychology*, *5*, 589.

Gollan, T. H., & Brown, A. S. (2006). From tip-of-the-tongue (tot) data to theoretical implications in two steps: when more tots means better retrieval. *Journal of Experimental Psychology General, 135(*3), 462–483.

Hanly, S., & Vandenberg, B. (2010). Tip-of-the-tongue and word retrieval deficits in dyslexia. *Journal of Learning Disabilities, 43*(1), 15–23.

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *In Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 22, pp. 193–225). Academic Press.

Ho, C. S. H., Law, T. P. S., & Ng, P. M. (2000). The phonological deficit hypothesis in Chinese developmental dyslexia. *Reading and Writing*, *13*(1–2), 57–79.

Jones, G. V. (1989). Back to Woodworth: Role of interlopers in the tip of the tongue phenomenon. *Memory & Cognition, 17,* 69–76.

Kuipers, S. C. (2013). *Effect of incubation on the resolution of Tip-of-the-Tongue states and the relation with attention and concentration.* Bachelor's thesis, University of Twente.

Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, *22*(1), 1–38.

Ohly, Zapf, S. , & Dieter. (2010). Diary studies in organizational research : an introduction and some practical recommendations. *Journal of Personnel Psychology, 9*(2010), 79–93.

O'Seaghdha, P. G., Chen, J.-Y., & Chen, T. M. (2010). Proximate units in word production: Phonological encoding begins with syllables in Mandarin Chinese but with segments in English. *Cognition*, *115*(2), 282–302.

Peng, H. M. ,& Mao, X. F. (2018). Will the deficit in inhibition increase the rates of tip-of-the-tongue among the elderly?. *Acta Psychologica Sinica, 50*(10), 1142–1150.

[彭华茂, 毛晓飞. (2018). 抑制对老年人舌尖现象的影响. *心理学报*, *50*(10), 1142–1150.]

Pureza, R., Soares, A. P., & Comesaña, M. (2013). Syllabic pseudohomophone priming in tip-of-the-tongue states resolution: The role of syllabic position and number of syllables. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 66,* 910–926.

Reis, H. T. , & Gable, S. L. . (2000). *Event-sampling and other methods for studying everyday experience.. Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology*.

Sadat, J., Martin, C. D., Costa, A., & Alario, F. X. (2014). Reconciling phonological neighborhood effects in speech production through single trial analysis. *Cognitive Psychology, 68*, 33–58.

Schiller, N. O. (1998). The effect of visually masked syllable primes on the naming latencies of words and pictures. *Journal of Memory & Language, 39*(3), 484–507.

Schiller, N. O. (1999). No role for syllables in English speech production. *Journal of the Acoustical Society of America, 105*(2), 1355–1355.

Schwartz, B.L. (1999). *The phenomenology of naturally–occurring tip-of-the-tongue states: A diary study. In S. Shohov (Ed.) Advances in Psychology Research* (pp. 71–84). Nova Science Publishers: New York.

Schwartz, B. L. (2001). The relation of tip-of-the-tongue states and retrieval time. *Memory & Cognition, 29*(1), 117–126.

Schwartz, B. L. (2002). Tip-of-the-tongue states:, phenomenology, mechanism, and lexical retrieval. *Experimental Psychology, 49*(3), 239–240.

Schwartz, B. L. (2008). Working memory load differentially affects tip-of-the-tongue states and feeling-of-knowing judgment. *Memory & Cognition, 36*(1), 9–19.

Schwartz, B. L. (2010). The effects of emotion on tip-of-the-tongue states. *Psychonomic Bulletin & Review, 17*(1), 82–87.

Schwartz, B. L., & Metcalfe, J. (2011). Tip-of-the-tongue (TOT) states: retrieval, behavior, and experience. *Memory & Cognition,39*(5), 737–749.

Schwartz, B. L., & Smith, S. M. (1997). The retrieval of related information influences tip-of-the-tongue states. *Journal of Memory and Language, 36*(1), 68–86.

Schwartz, B. L., Travis, D. M., Castro, A. M., & Smith, S. M. (2000). The phenomenology of real and illusory tip-of-the-tongue states. *Memory & Cognition, 28*(1), 18–27.

Semenza, C. (1995). How names are special: Neuropsychological evidence for dissociable impairment and sparing of proper name knowledge in production. B*roken memories: Case studies in memory impairment. Blackwell, Oxford.*

Sörös, P., Bose, A., Sokoloff, L. G., Graham, S. J., & Stuss, D. T. (2011). Age-related changes in the functional neuroanatomy of overt speech production. *Neurobiology of Aging, 32*(8), 1505.

Souchay, C., & Smith, S. J. (2013). Subjective states associated with retrieval failures in Parkinson's disease. *Consciousness and Cognition, 22*(3), 795–805.

Starreveld, P. A., & La Heij, W. (1995). Semantic interference, orthographic facilitation, and their interaction in naming tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21*(3), 686.

Stoltzfus, E. R., Hasher, L., & Zacks, R. T. (1996). Working memory and aging: Current status of the inhibitory view. *Working Memory and Human Cognition*, 66–88.

Trull, T. J., & Phares, E. J. (2001). Clinical psychology: concepts, methods, and profession. 6^ th ed. *CA: Wadsworth*.

Wang, L., & Guo, D. J. (2000). The nature and components of metacognition. *Acta Psychologica Sinica*, *32*(4), 458–463.

[汪玲, & 郭德俊. (2000). 元认知的本质与要素. *心理学报, 32*(4), 458–463.]

Warriner, A. B., & Humphreys, K. R. (2008). Learning to fail: Reoccurring tip-of-the-tongue states. *The Quarterly Journal of*

Experimental Psychology, 61(4), 535–542.

White, K. K., Abrams, L., & Frame, E. A. (2013). Semantic category moderates phonological priming of proper name retrieval during tip-of-the-tongue states. *Language and Cognitive Processes, 28,* 561–576.

Wilhelm, P., & Joolingen, W. R. (2013). Effect of incubation on the resolution of tip-of-the-tongue states and the relation with attention and concentration. *Kagaku Kogaku Ronbunshu, 31*(31), 399–403.

You, W., Zhang, Q., & Verdonschot, R. G. (2012). Masked syllable priming effects in word and picture naming in chinese. *Plos One, 7(*10), e46595.

Zhang, Q. (2008). Phonological encoding in monosyllabic and bisyllabic Mandarin word production: implicit priming paradigm study. *Acta Psychologica Sinica, 40*(3), 253–262.]

[张清芳. (2008). 汉语单音节和双音节词汇产生中的音韵编码过程:内隐启动范式研究. *心理学报, 40*(3), 253–262.]

Zhang, Q., & Weekes, B. S. (2009). Orthographic facilitation effects on spoken word production: Evidence from Chinese. *Language and Cognitive Processes, 24(*7/8), 1082–1096.

Zhang, Q., Weekes, B., Chen, H. C., & Yang, Y. (2009). Independent effects of orthographic and phonological facilitation on spoken word production in Mandarin. *Language and Speech, 52*, 113–126.

Zhang, Q., Zhu, X, & Damian, M. F. (2018). Phonological activation of category coordinates in spoken word production: Evidence for cascaded processing in English but not in Mandarin. *Applied Psycholinguistics*, 1–26.

Zhu, X., Damian, M. F., & Zhang, Q. (2015). Seriality of semantic and phonological processes during overt speech in Mandarin as revealed by event-related brain potentials. *Brain and language, 144*, 16–25.

Zhu, X., Zhang, Q., & Damian, M. F. (2016). Additivity of semantic and phonological effects: Evidence from speech production in Mandarin. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*(11), 2285–2304.

Aging of the tip of the tongue in daily life: A diary study

ZHAO Ruiying; LOU Hao; OU YANG Mingkun; ZHANG Qingfang

(*Department of Psychology, Renmin University of China, Beijing* 100872, *China*)

Abstract

The "tip of the tongue" (TOT) refers to a state in which one cannot recall a familiar word but can recall words of similar form and meaning in speech production, which is common in our daily life, especially for the old speakers. The perspectives of cognitive (how linguistic properties and general cognitive abilities influence aging of TOT) and meta-cognitive (how the meta-cognitive evaluations of TOT influence TOT's processing) have been proposed to explain the aging of TOT. However, little research has addressed this question in Chinese. The present study aims to examine how (a) individual characteristics (i.e., emotion, age) influence daily TOTs and (b) the interplay of cognitive factors and meta-cognitive factors influence daily TOTs.

A sample of 67 participants (36 old adults, 13 males, age ranges: 60~81 years, M = 66.91, SD = 6.85; 31 young adults, 16 males, age ranges: 18~25 years, M = 21.50, SD = 2.43) filled in a quantitative and qualitative diary for 4 weeks (including weekends) to investigate their experience of TOTs. The questions and measurements used in our diary questionnaire included cognitive and meta-cognitive characteristics of TOT in speech production.

Results indicated that the old adults generated more TOTs and took longer time to retrieve target words in successful production than the young adults in daily life, which confirmed our hypothesis that there was an aging of speech production in Chinese. Furthermore, when TOT happened, both old and young people could successfully retrieve alternative words and (or) semantically related information, but less phonologically related information, which supported transmission deficit hypothesis about aging of speech production. For the meta-cognitive experience, we found that young adults experienced higher degree of excitement and fatigueness than the old adults. In addition, the resolution time of TOTs was influenced by factors of target words familiarity, the presence of alternates and the comfort level when TOT happened. The assessments on TOT's cognitive and meta-cognitive states affected the resolution time of the subsequent TOTs, reflecting that participants took more efforts and time to resolve TOTs after evaluating their meta-cognitive states. We suggest that TOT is the products of cognitive and meta-cognitive processes in Chinese speech production.

Key words TOT; Diary Study; Aging; cognitive perspective; meta-cognitive perspective

附录 1 舌尖效应情况调查（回溯问卷）

舌尖效应：指话到嘴边，却说不出来的一种现象。具有如下特点：

（1）对要说的内容非常熟悉，不熟悉的且说不出来的情形不属于舌尖效应；

（2）虽不能立即说出，但却知道想表达词的语义，甚至词性、词长及部分语音等信息；

（3）虽不能立即说出，但事后很大可能性可以说出；

（4）虽不能立即说出，但却在说的过程中，说出了相关的一些词，且知道这些词并不是要说的目标词。

一、个人基本信息统计

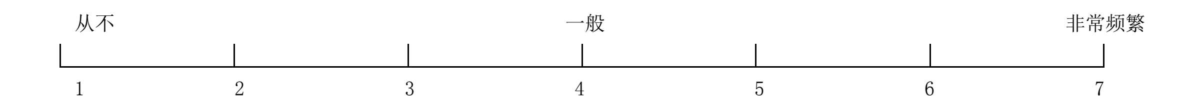
1.年龄：______岁

2.性别：A 男　B 女

3.受教育水平：　A 高中及以下　B 大专及以上　C 硕士及以上

二、请根据您在最近一周舌尖效应发生的实际情况作答

1.您一个月经历“舌尖效应”的频率。请根据自己的情况，进行 1—7 级评分（打勾），1 表示从不，7 表示非常频繁。



2.发生舌尖效应时，其对应的目标词属于以下哪几类？

A 人名　B 地名　C 物体名　D 抽象名词　E 电影/电视/书名　F 其它__________

3.发生舌尖效应时，您通常可以回忆出哪些信息？

____

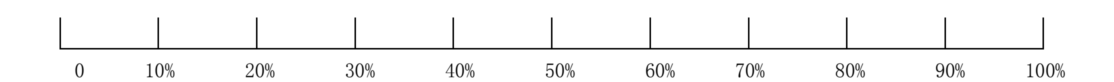
____

4.舌尖效应发生后，您一般用什么方法回忆出目标词？

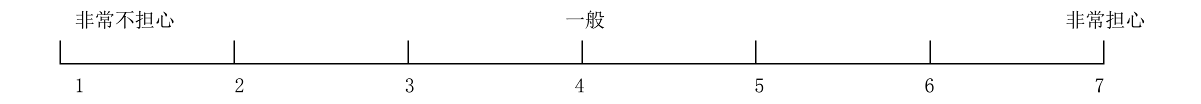
A 反复地想目标词　B 问别人　C 查查资料　D 什么也不做

5.日常生活中，舌尖效应发生后，有多大的概率最后回忆出目标词？

请用圈圈出。



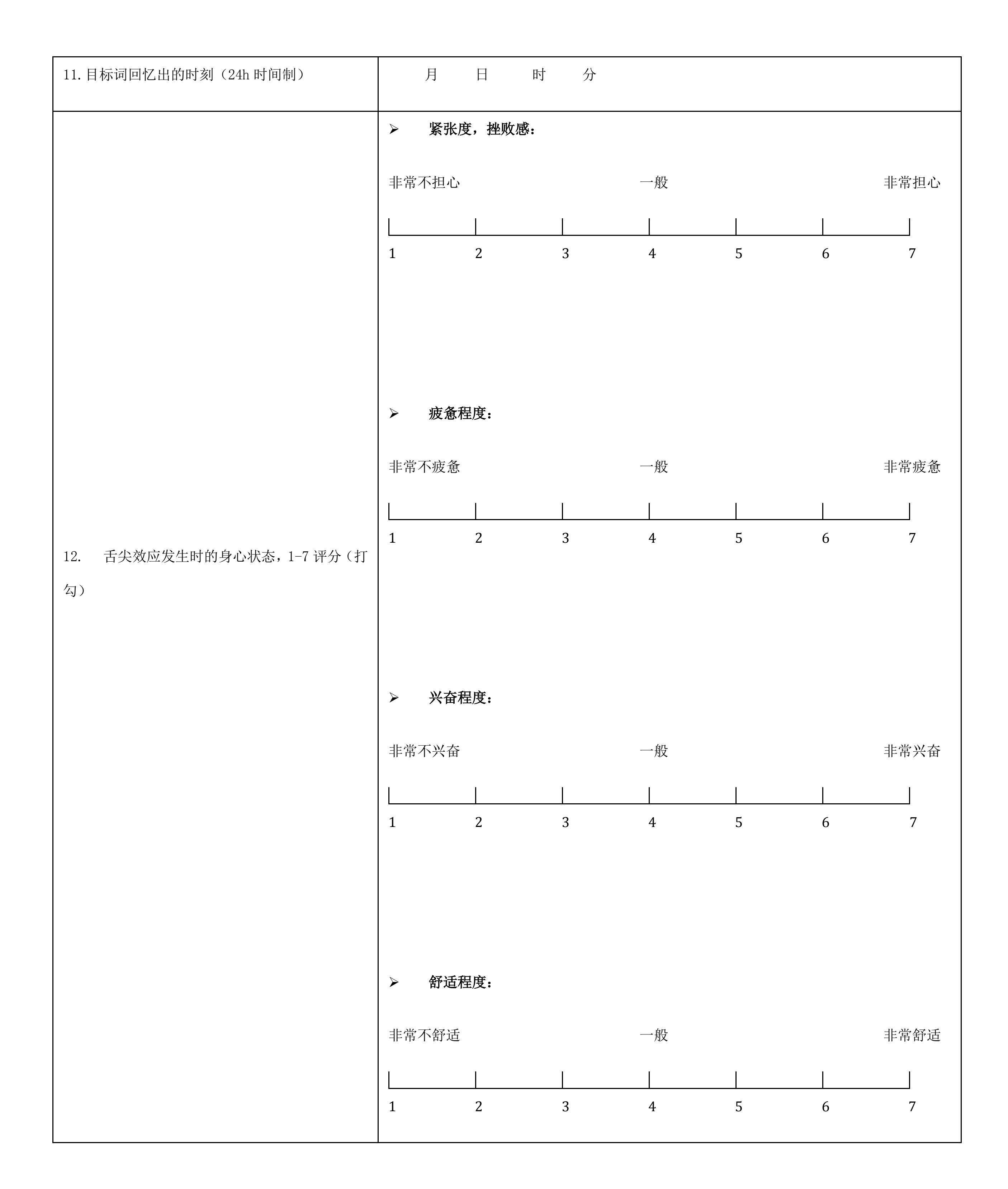
6.您是否担心出现舌尖效应？请根据自己的情况，进行 1—7 级评分（打勾），1 表示非常不担心，7 表示非常担心。



附录 2 舌尖效应记录表

➢ 请您按照下表详细记录每一次舌尖效应发生时的详细信息

舌尖效应：指话到嘴边，却说不出来的一种现象。其具有如下特点：（1）对要说的内容非常熟悉，不熟悉的且说不出来的情形不属于舌尖效应；（2）虽不能立即说出，但却知道想表达词的语义，甚至词性、词长及部分语音等信息；（3）虽不能立即说出，但事后很大可能性可以说出来；（4）虽不能立即说出来，但却在说的过程中，说出了相关的一些词，且知道这些词并不是要说的目标词。 1. 舌尖效应发生的时刻	月 日 时 分
2. 目标词属于哪类词	A 人名 B 地名 C 物体名 D 抽象名词 E 电影/电视剧/书名 F 其它
3. 若目标词属于人名，请作答	（1）认识多久：____年 （2）联系频率：____次/年 （3）最近一次联系距今多久：____年____月
4. 目标词的熟悉程度（打勾）	1 非常不熟悉 2 比较不熟悉 3 有点不熟悉 4 一般 5 有点熟悉 6 比较熟悉 7 非常熟悉
5. 舌尖效应发生时，您可以回忆出哪些信息？	________________________________ ____________________________________
6. 您是如何回忆目标词的？	A 反复想 B 问别人 C 查资料 D 什么也不做
7. 在回忆目标词时，请写出想到的所有替代词	
8. 您最后是否回忆出目标词？（若是，请回答 9—11 题）	A 是（若是，请回答 9—11 题） B 否（若否，请回答 12—13 题）
9. 写下正确词（已解决）	
10. 请选择最终正确解决的方式：	A 反复想 B 问别人 C 查资料 D 什么也不做



11. 目标词回忆出的时刻（24h 时间制）	月 日 时 分
12. 舌尖效应发生时的身心状态，1-7 评分（打勾）	➢ **紧张度，挫败感：** 非常不担心 一般 非常担心 1 2 3 4 5 6 7 ➢ **疲惫程度：** 非常不疲惫 一般 非常疲惫 1 2 3 4 5 6 7 ➢ **兴奋程度：** 非常不兴奋 一般 非常兴奋 1 2 3 4 5 6 7 ➢ **舒适程度：** 非常不舒适 一般 非常舒适 1 2 3 4 5 6 7

附录 3 多水平数据分析结果

表 1 熟悉度和解决时间的模型

Model1		Estimate	*SD*	*p*
Within Level				
熟悉度对解决时间的影响	b1	- 0.06	0.10	0.24
解决时间对下一次解决时间的影响	b2	0.30*	0.08	0.001
熟悉度对下一次熟悉度的影响	b3	0.34***	0.10	0.00
熟悉度对下一次解决时间的影响	b4	- 0.14*	0.07	0.02
解决时间对下一次熟悉度的影响	b5	- 0.004	0.07	0.48
R^2				
解决时间		0.44	0.20	0.01
熟悉度		0.41	0.66	0.01
Between Level				
解决时间				
	b1	0.33	0.31	0.17
	b2	- 0.38	0.32	0.16
	b3	0.31	0.31	0.19
	b4	0.25	0.31	0.23
	b5	0.02	0.34	0.49
熟悉度				
	b1	- 0.34	0.30	0.16
	b2	0.62*	0.22	0.02
	b3	- 0.68	0.22	0.01
	b4	- 0.31	0.30	0.18
	b5	0.10	0.33	0.40

注：$*p < 0.05$， $**p < 0.01$，$***p < 0.001$

表 2 兴奋度和解决时间的模型

Model2		Estimate	*SD*	*p*
Within Level				
兴奋度对解决时间的影响	b1	0.03	0.08	0.36
解决时间对下一次解决时间的影响	b2	0.32***	0.07	0.00
兴奋度对下一次兴奋度的影响	b3	0.18**	0.08	0.01
兴奋度对下一次解决时间的影响	b4	0.019	0.07	0.41
解决时间对下一次兴奋度的影响	b5	- 0.07	0.08	0.18
R^2				
解决时间		0.40	0.31	0.01
兴奋度		0.36	0.51	0.01
Between Level				
解决时间				
	b1	- 0.10	0.30	0.38
	b2	- 0.45	0.31	0.12
	b3	0.17	0.30	0.30
	b4	- 0.07	0.32	0.42
	b5	- 0.02	0.32	0.47
兴奋度				
	b1	0.32	0.27	0.14
	b2	0.19	0.29	0.27
	b3	- 0.33	0.27	0.14
	b4	- 0.19	0.36	0.32
	b5	0.04	0.32	0.45

注：$^*p < 0.05$， $^{**}p < 0.01$，$^{***}p < 0.001$

表 3 疲惫感和解决时间的模型

Model3		Estimate	*SD*	*p*
Within Level				
疲惫感对解决时间的影响	b1	0.08	0.07	0.11
解决时间对下一次解决时间的影响	b2	0.27***	0.08	0.00
疲惫感对下一次疲惫感的影响	b3	0.22***	0.07	0.00
疲惫感对下一次解决时间的影响	b4	- 0.02	0.06	0.39
解决时间对下一次疲惫感的影响	b5	0.06	0.07	0.2
$\boldsymbol{R^2}$				
解决时间		0.43	0.07	0.003
疲惫感		0.31	0.08	0.003
Between Level				
解决时间				
	b1	- 0.21	0.36	0.31
	b2	- 0.43	0.32	0.13
	b3	0.36	0.30	0.15
	b4	- 0.09	0.37	0.41
	b5	- 0.04	0.38	0.47
疲惫感				
	b1	0.36	0.28	0.14
	b2	0.28	0.30	0.21
	b3	- 0.30	0.30	0.19
	b4	0.47	0.32	0.14
	b5	0.07	0.29	0.41

注：$^*p < 0.05$， $^{**}p < 0.01$，$^{***}p < 0.001$

表 4 舒适度和解决时间的模型

Model4		Estimate	*SD*	*p*
Within Level				
舒适度对解决时间的影响	b1	0.08	0.08	0.41
解决时间对下一次解决时间的影响	b2	0.31***	0.07	0.00
舒适度对下一次舒适度的影响	b3	0.13*	0.09	0.04
舒适度对下一次解决时间的影响	b4	0.07	0.07	0.21
解决时间对下一次舒适度的影响	b5	- 0.06	0.09	0.22
R^2				
解决时间		0.42	0.61	0.01
舒适度		0.32	2.53	0.01
Between Level				
解决时间				
	b1	- 0.09	0.33	0.40
	b2	- 0.44	0.30	0.11
	b3	0.33	0.29	0.15
	b4	- 0.16	0.35	0.35
	b5	- 0.09	0.38	0.41
舒适度				
	b1	0.25	0.27	0.21
	b2	0.13	0.29	0.34
	b3	- 0.20	0.31	0.28
	b4	0.11	0.36	0.40
	b5	0.10	0.29	0.38

注：$^*p < 0.05$， $^{**}p < 0.01$，$^{***}p < 0.001$

表 5 紧张度和解决时间的模型

Model5		Estimate	*SD*	*p*
Within Level				
紧张度对解决时间的影响	b1	0.03	0.07	0.35
解决时间对下一次解决时间的影响	b2	0.30***	0.07	0.00
紧张度对下一次紧张度的影响	b3	0.26***	0.08	0.00
紧张度对下一次解决时间的影响	b4	- 0.05	0.07	0.26
解决时间对下一次紧张度的影响	b5	0.06	0.07	0.25
R^2				
解决时间		0.44	0.32	0.01
紧张度		0.36	0.11	0.01
Between Level				
解决时间				
	b1	0.13	0.32	0.36
	b2	- 0.30	0.34	0.23
	b3	0.04	0.29	0.45
	b4	0.38	0.28	0.11
	b5	0.24	0.30	0.21
紧张度				
	b1	- 0.05	0.34	0.45
	b2	0.06	0.33	0.44
	b3	- 0.32	0.33	0.20
	b4	0.30	0.31	0.18
	b5	0.29	0.30	0.19

注：$^*p < 0.05$， $^{**}p < 0.01$，$^{***}p < 0.001$